

WO 2004/040719 A1

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2004年5月13日 (13.05.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/040719 A1(51)国際特許分類⁷: H01S 3/10, 3/131, H04B 10/16, 10/17

4丁目1番1号富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 小金井 洋平 (KOGANEI,Yohhei) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

(21)国際出願番号: PCT/JP2002/011447

(74)代理人: 真田 有 (SANADA,Tamotsu); 〒180-0004 東京都武蔵野市吉祥寺本町1丁目10番31号吉祥寺広瀬ビル5階 Tokyo (JP).

(22)国際出願日: 2002年11月1日 (01.11.2002)

(81)指定国(国内): JP, US.

(25)国際出願の言語: 日本語

(84)指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

(26)国際公開の言語: 日本語

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(71)出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).

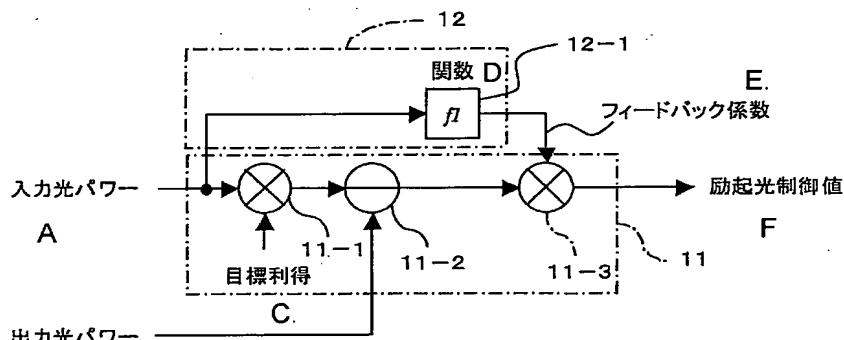
2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(72)発明者; および

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 太田 昌人 (OOTA,Masato) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 小泉 伸和 (KOIZUMI,Nobukazu) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中

(54)Title: CONTROLLING DEVICE OF OPTICAL AMPLIFIER AND CONTROLLING METHOD

(54)発明の名称: 光増幅器の制御装置及び制御方法



A...INPUT OPTICAL POWER

B...OUTPUT OPTICAL POWER

C...TARGET GAIN

D...FUNCTION

E...FEEDBACK FACTOR

F...PUMPING LIGHT CONTROLLED VARIABLE

(57) Abstract: A controller of an optical amplifier comprises control means (11) for controlling the gain of the optical amplifier according to the input and output optical powers of the optical amplifier and gain controlled quantity varying means (12) for varying the gain controlled quantity of the optical amplifier by the control means (11) according to at least one of the input and output optical powers. Thus, the control can quickly follow up the input power variation of the optical amplifier without causing oscillation and increasing the scale of the optical amplifier, the power consumption, and the generated heat, thereby realizing stable optical communication.

[統葉有]

明 紹 書

光増幅器の制御装置及び制御方法

5 技術分野

本発明は、波長多重光伝送システム等の光通信システムにおいて使用される光増幅器の制御装置及び制御方法に関する。

背景技術

10 光通信システムでは、良く知られているように、所定間隔ごとに光増幅器を設けることにより長距離伝送が実現されている。例えば、太平洋を横断する光伝送路上には、数10個～数100個の光増幅器が設けられている。この光増幅器には、エルビウム (Er) やプラセオジウム (Pr)、ツリウム (Tm) 等の希土類イオンを添加した光ファイバを増幅媒体として用いるものがあり、中でも、他に比べて高出力、高利得、広帯域が得られる、エルビウムイオンをドープした光ファイバ (EDF : Erbium Doped Fiber) が良く用いられている。

一方、近年のインターネットの普及などに伴って、ネットワークを介して伝送される情報量が急激に増加してきており、伝送システムのさらなる大容量化が求められている。そして、伝送システムの大容量化を実現する技術の1つとして、
20 波長多重(WDM : Wavelength Division Multiplex)伝送方式が既に実用化されている。

このWDM伝送システムでは、互いに波長の異なる複数の信号光 (チャネル) が多重化されて1本の光伝送路 (光ファイバ) を介して伝送される。したがって、WDM伝送システムにおいて使用される光増幅器は、複数の信号光を一括して増幅できることが要求される。

また、近年、より柔軟なネットワーク構成を実現するのに、各信号光 (チャネル) を個別に増減設できるOADM (Optical Add-Drop Multiplex) 装置も実用化されており、光伝送路を伝送される信号光パワーは一定にならない。このように、チャネル数の変化 (この変化は一部のチャネルに障害が生じた場合にも当然

生じる)により信号光パワーが大きく変動すると、他チャネルの信号光が正常に受信・復調できなってしまう。

そこで、従来の光通信システムでは、WDM信号の信号波長数が変化した場合でも、光増幅器において增幅利得を一定に制御することで、各信号波長の出力パワーが一定になるように制御することが行なわれる。かかる制御方式をA G C (Automatic Gain Control)という。

具体的には、光増幅器の出力光パワーをモニタし、そのモニタ値に基づいて光増幅器の出力光パワーが一定となるように光増幅器の増幅利得(実際には例えば励起光パワー)を制御することが行なわれる。

しかしながら、このような従来の制御方式(A G C)では、入力光パワーが変化してから、その影響を適切に制御するまでに数10ms程度の時間を要するため、信号光波長の増減設に制約が生じている。また、事故による断線等が生じた場合には、長時間にわたって他波長の信号レベルへの影響が生じてしまう。

このため、光増幅器のA G Cには、入力光パワーの変化に高速に追従して短時間で出力光パワーを一定制御できることが望まれる。しかし、A G Cの応答速度を無制限に高速化してしまうと、発振現象が生じてしまうおそれがある。

そこで、A G Cの高速化手法として、従来は、例えば、特開平9-200145号公報(以下、特許文献1という)や特開平7-221737号公報(以下、特許文献2という)で提案されているような技術がある。

即ち、まず、特許文献1に記載の技術では、増幅すべき光信号を所定の遅延時間有する光ファイバを介して光増幅器(E D F)に入力する構成とし、その光ファイバの入力端に信号光が到達したことを検知したときからその信号光がE D Fに到達するまでの間に励起光の供給を開始することが行なわれる(例えば、特許文献1の段落[0034]～[0039]参照)。これにより、励起光制御に要する時間に上記遅延時間分だけ余裕をもたせることが可能となり、その結果、光サージの発生を抑制しながら、A G Cの応答速度も向上することが可能になる。

一方、特許文献2に記載の技術では、入力信号光の変化を相殺するための調節光を光増幅器に信号光の伝送方向とは逆方向から入力し、その調節光に応答して光増幅器の励起光を制御することにより光増幅器の出力一定制御が行なわれる。

この手法によれば、制御すべき光増幅器の入力光パワーの範囲を狭くすることができる、容易にA G Cの応答速度を向上することが可能である（例えば、特許文献2の段落〔0016〕～〔0027〕参照）。

しかしながら、特許文献1に記載の技術では、光増幅器へ入力する信号光を遅延させるための光ファイバを余分に設けているため、その光ファイバによる特性劣化と、光増幅器の大型化を招く結果となる。また、特許文献2に記載の技術では、調節光の高速制御が必要となり、また、当該調節光出力による光増幅器の消費電力及び発熱の増大を招く結果となる。

本発明は、以上のような課題に鑑み創案されたもので、信号光の入力パワー変動に、発振現象、光増幅器の大型化、消費電力及び発熱の増大化を生じさせることなく、高速に追従することのできる、光増幅器の制御装置及び制御方法を提供することを目的とする。

発明の開示

15 上記の目的を達成するために、本発明の光増幅器の制御装置及び制御方法は、以下の各手段をそなえていることを特徴としている。

(1)光増幅器の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて該光増幅器の利得を制御する第1の制御手段

20 (2)該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいずれか一方に応じて該第1の制御手段による該光増幅器の利得制御量を変化させる利得制御量可変手段
ここで、上記の第1の制御手段は、該入力光パワーと該出力光パワーとに基づいて該光増幅器の目標利得からの差分を求め、その差分に基づいて該利得制御量を求める利得制御量演算器をそなえるとともに、上記の利得制御量可変手段は、該差分に対する係数を該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいずれか一方に応じて変化させる係数制御器をそなえて構成してもよい。

また、上記の第1の制御手段は、該入力光パワーと該出力光パワーとに基づいて該光増幅器の目標利得からの差分を求め、その差分と当該差分の積分値に基づいて該利得制御量を求める利得制御量演算器をそなえるとともに、上記の利得制御量可変手段は、該差分に対する係数を該入力光パワー及び該出力光パワーの

少なくともいずれか一方に応じて変化させる係数制御器をそなえて構成してもよい。

さらに、上記の第1の制御手段は、該入力光パワーと該出力光パワーとに基づいて該光増幅器の目標利得からの差分を求め、その差分と当該差分の積分値とに基づいて該利得制御量を求める利得制御量演算器をそなえるとともに、上記の利得制御量可変手段は、該差分に対する係数と該積分値に対する係数とをそれぞれ該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいずれか一方に応じて変化させる係数制御器をそなえて構成してもよい。

また、本光増幅器の制御装置は、該入力光パワーに基づいて該光増幅器の利得をフィードフォワード制御する第2の制御手段をさらにそなえ、上記の第1の制御手段と第2の制御手段との組み合わせで光増幅器の利得を制御するように構成してもよい。

さらに、上記の光増幅器が、第1の励起光源と第2の励起光源とを有する場合に、上記の第1の制御手段は、該第1の励起光源に期待する出力光パワーが得られないときに、該第2の励起光源で不足分を補うための利得制御量を求める不足分決定部と、この不足分決定部で求められた該利得制御量に対して、該第1の励起光源に期待する出力光パワーが足りているときと足りていないときとで、該差分に対する係数が変わらないような変換を施す変換部とをそなえていてもよい。

また、本発明の光増幅器の制御装置は、第1の励起光源と第2の励起光源とを有する光増幅器の制御装置であって、該光増幅器の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて該光増幅器の目標利得からの差分を求め、その差分に基づいて該光増幅器の利得を制御する制御手段をそなえ、この制御手段が、該第1の励起光源に期待する励起光パワーが得られないときに、該第2の励起光源で不足分を補うための利得制御量を求める不足分決定部と、この不足分決定部で求められた該利得制御量に対して、該第1の励起光源に期待する励起光パワーが足りているときと足りていないときとで、該差分に対する係数が変わらないような変換を施す変換部とをそなえたことを特徴としている。

さらに、本発明の光増幅器の制御方法は、(1)光増幅器の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて該光増幅器の利得を制御する際の利得制御量を求め、(2)求め

た該利得制御量を該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいずれか一方に応じて変化させることを特徴としている。

また、本発明の光増幅器の制御方法は、第1の励起光源と第2の励起光源とを有する光増幅器の制御方法であって、該光増幅器の入力光パワーと出力光パワー

5 とに基づいて該光増幅器の目標利得からの差分を求め、その差分に基づいて該光
増幅器の利得を制御するにあたって、(1)該第1の励起光源に期待する励起光パワー
が得られないときに、該第2の励起光源で不足分を補うための利得制御量を求
め、(2)当該利得制御量に対して、該第1の励起光源に期待する励起光パワーが足
りているときと足りていないときとで、該差分に対する係数が変わらないような
10 変換を施すことを特徴としている。

図面の簡単な説明

図1は本発明の第1実施形態に係る光増幅器の要部の構成を示すブロック図で
ある。

15 図2は図1に示す制御部の構成を示すブロック図である。

図3は本実施形態に係る入力光パワーに対する必要なフィードバック係数と收
束限界との関係を示す図である。

図4は図2に示すフィードバック制御部及びフィードバック係数制御部の構成
を示すブロック図である。

20 図5は図4に示すフィードバック制御部及びフィードバック係数制御部の第1
変形例を示すブロック図である。

図6は図4に示すフィードバック制御部及びフィードバック係数制御部の第2
変形例を示すブロック図である。

図7は本発明の第2実施形態に係る光増幅器の制御部の構成を示すブロック図
25 である。

図8は図7に示すフィードバック制御部、フィードバック係数制御部及びフィ
ードフォワード制御部の構成を示すブロック図である。

図9は図8に示すフィードバック制御部、フィードバック係数制御部及びフィ
ードフォワード制御部の第1変形例を示すブロック図である。

図10は図8に示すフィードバック制御部、フィードバック係数制御部及びフィードフォワード制御部の第2変形例を示すブロック図である。

図11は本発明の第3実施形態に係る光増幅器の要部の構成を示すブロック図である。

5 図12は図11に示す制御部の構成を示すブロック図である。

図13は図13に示す制御部の変形例を示すブロック図である。

図14は励起光パワー制御（補正なし）を説明すべく励起光制御値と励起光パワーとの関係を示す図である。

図15は図12に示す制御部による励起光パワー制御（補正あり）を説明すべく励起光制御値と励起光パワーとの関係を示す図である。
10

発明を実施するための最良の形態

〔A〕第1実施形態の説明

図1は本発明の第1実施形態に係る光増幅器の要部の構成を示すブロック図で、
15 この図1に示す光増幅器1は、光分波器2、3、6、エルビウム添加光ファイバ
(EDF)4、ゲインイコライザ5、光センサ7、9、励起光源8及び制御部（制
御装置）10をそなえて構成されている。

ここで、光分波器2は、光伝送路20から受信されるWDM信号光（主信号光）
の一部を分岐して一方をEDF4側へ出力するとともに他方をパワーモニタのた
20 めのモニタ光として光センサ7へ出力するものであり、光分波器3は、光分波器
2からの主信号光に励起光源8から供給される励起光（ポンプ光）を結合するた
めのものである。

また、EDF4は、光合波器3からの主信号を上記励起光により増幅するもの
であり、ゲインイコライザ5は、このEDF4の増幅出力の利得（ゲイン）を主
25 信号光の各波長の利得を等化（平坦化）するためのものであり、光分波器6は、
このゲインイコライザ5の等化出力の一部を分岐して、一方を出力側の光伝送路
30へ出力するとともに他方をパワーモニタのためのモニタ光として光センサ9
へ出力するものである。

一方、光センサ7は、光分波器2で分岐されてくるモニタ光を受光してその受

光量（パワー）に応じた電気信号を生成するものであり、光センサ9は、同様に、光分波器6で分岐されてくるモニタ光を受光してその受光量（パワー）に応じた電気信号を生成するもので、いずれも、例えば、フォトダイオード（PD）により構成される。つまり、上記の光センサ7は、光増幅器として機能するEDF4の入力光パワーを測定する入力光測定手段、光センサ9は、EDF4の出力光パワーを測定する出力光測定手段としてそれぞれ機能するのである。
5

また、励起光源8は、EDF4のための励起光を生成するためのもので、例えば、レーザダイオード（LD）により構成される。

そして、制御部10は、上記の各光センサ7、9によるパワー測定結果（入力光パワー及び出力光パワー）に基づいて励起光源8の励起光パワーを制御して、
10 EDF4の利得を一定制御（AGC：Automatic Gain Control）するためのものであるが、本実施形態では、入力光パワーの急激な変動に対しても十分追従できるよう、従来よりもAGC制御の応答速度を向上するための工夫がなされている。

具体的に、本実施形態の制御部10は、例えば図2に示すように、フィードバック制御部11及びフィードバック係数制御部12をそなえて構成される。
15

ここで、フィードバック制御部（第1の制御手段）11は、光センサ7、9でそれぞれモニタされた入力光パワー及び出力光パワーに基づいてEDF4の利得（即ち、励起光パワー）をフィードバック制御する際の制御量を求めるもので、具体的には、例えば、以下の計算式（1）で制御量を求めるようになっている。

$$LD_{out} = a \times (P_{in} \times G - P_{out}) \cdots (1)$$

20
 LD_{out} : 励起光パワー
 P_{in} : 入力光パワー
 P_{out} : 出力光パワー
 G : 目標利得

このため、フィードバック制御部11は、例えば図4に示すように、入力光パワー P_{in} と目標利得Gとを乗算する乗算器11-3と、その乗算結果から出力光パワー P_{out} を減算して差分を求める減算器11-2と、得られた差分にフィードバック係数aを乗算して励起光制御値を求める乗算器11-3とをそなえて構成
25 される。

つまり、これらの乗算器 11-1、減算器 11-2 及び乗算器 11-3 は、光増幅器 1 の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて光増幅器 1 の目標利得 G からの差分（入力光パワー $P_{in} \times$ 目標利得 G - 出力光パワー P_{out} ）を求め、その差分に基づいて利得制御量を求める利得制御量演算器としての機能を果たすのである。

ここで、反応の早いフィードバック制御を行なうためには、上記の式（1）における係数（フィードバック係数） a を大きくすれば良いが、この係数 a を無制限に大きくすると、EDF 4 の出力が発振してしまい収束しなくなる。特に、光増幅器としてよく用いられている EDF 4 では、その特性のために発振を起こしやすく、入力光パワーの急激な変動に対しても十分追従できるほどフィードバック係数 a を大きくとることができない。

しかしながら、励起光パワーの変化に対する EDF 4 の過渡現象を考慮し、入出力光パワーに応じたフィードバック係数 a にすることで、発振しない状態のまま、より高速な制御を実現できる。例えば、EDF 4 では、入力光パワーと発振状態となる係数（収束限界） a 及び十分な性能（高速応答性能）を確保できる係数 a との関係は図 3 に示すようになる。この図 3 に示すように、係数 a を大きくする必要のあるところでは発振しにくい特性をもつことが分かる。

そこで、本実施形態では、フィードバック係数制御部（利得制御量可変手段）12 により、フィードバック係数 a を光センサ 7 でモニタされた入力光パワー P_{in} に応じて制御（可変）する。具体的には、図 4 に示すように、図 3 中に示す必要なフィードバック係数 a の関数 f_1 （関数演算器 12-1）により制御する。

ここで、図 3 中に示す必要なフィードバック係数 a の関数 f_1 は、例えば、以下の式（2）で表すことができる。

$$f_1 = b \times \text{収束限界} \quad \dots (2)$$

この式（2）において、「 b 」は 0 以上 1 未満の定数であるが、これはどの程度の高速応答性能が必要かで決まる。また、「収束限界」は、例えば EDF 4 に 20dB 程度の利得をもたらせる場合、以下の式（3）で表すことができる。

$$\text{収束限界} = c / P_{in} \quad \dots (3)$$

したがって、関数 f_1 は、

$$f_1 = b \cdot c / P_{in} \cdots (4)$$

と表すことができる。ただし、上記の式（3）、（4）における「 P_{in} 」は入力光パワー、「c」はEDF特性や利得によって決まる定数をそれぞれ表す。なお、入力光パワーが小さい場合、この式（4）をそのまま用いるとフィードバック係数aが大きくなり、応答が高速すぎたり演算回路が複雑になるので、入力光パワーの小さいところではフィードバック係数aを一定にしたり、「b」の値を変化させたりした方が良いこともある。

また、小さな論理回路等で上記の各制御部11及び12を実装する場合には、上記関数 f_1 の除算を実現が困難となるが、例えば、関数 f_1 をテーブル形式のデータとしてRAM等の所要メモリにもたせて実装することにより実現可能である。

上述の構成により、本実施形態の光増幅器1では、光増幅器1（EDF4）の入力光パワー P_{in} と出力光パワー P_{out} とがそれぞれ光センサ7、9において測定され、フィードバック制御部11において、測定された入力光パワー P_{in} と出力光パワー P_{out} とに基づいて目標利得Gからの差分（入力光パワー P_{in} ×目標利得G－出力光パワー P_{out} ）が減算器11-2により求められ、得られた差分にフィードバック係数aが乗算器11-3にて乗じられて、励起光制御値が求められる。

そして、この際、上記フィードバック係数aが、フィードバック係数制御部12（関数 f_1 ）により入力光パワー P_{in} に応じて可変されて、「収束限界」以下で必要十分な値となり、発振現象を生じさせることなく、EDF4のAGCを高速化することができる。特に、本例では、フィードフォワード制御部13によるフィードフォワード制御も併せて行なうので、より高速なAGCを実現できる。

したがって、WDM伝送システムにおいて使用される光増幅器1に対する信号光の入力パワー変動に、発振現象、光増幅器の大型化、消費電力及び発熱の増大化を生じさせることなく、高速に追従することができ、光増幅器1の出力パワー変動を抑制することができる。具体的には、信号光として使用されている波長（チャネル）の数が変動したときに、各信号光の出力パワー変動を小さくすることができる。その結果、従来よりも安定したWDM光通信を実現することができる。

（A1）第1変形例の説明

図5は上述した制御部10（フィードバック制御部11及びフィードバック係

数制御部 1 3) の第 1 変形例を示すブロック図で、この図 5 では、図 4 に示す構成に比して、フィードバック制御部 1 1 が、上述した乗算器 1 1-1, 1 1-3, 減算器 1 1-2 に加えて、積分器 1 1-4, 乗算器 1 1-5 及び加算器 1 1-6 をさらにそなえている点が異なる。なお、その他の構成要素（既述の符号と同一符号を付したもの）はそれぞれ特に断らない限り既述のものと同一もしくは同様のものであり、以降の変形例においても同様である。

ここで、積分器 1 1-4 は、減算器 1 1-2 で得られた差分を積分するものであり、乗算器 1 1-5 は、この積分器 1 1-4 で得られた上記差分についての積分値に所定の係数を乗算するものであり、加算器 1 1-6 は、この乗算器 1 5 での乗算結果と乗算器 1 1-3 の乗算結果とを加算して、励起光制御値を求めるものである。

つまり、本例のフィードバック制御部 1 1 の各構成要素 1 1-1 ~ 1 1-6 は、光増幅器 1 の入力光パワー P_{in} と出力光パワー P_{out} とに基づいて目標利得 G からの差分（入力光パワー P_{in} × 目標利得 G - 出力光パワー P_{out} ）を求め、その差分と当該差分の積分値とに基づいて光増幅器 1 の利得制御量を求める利得制御量演算器として機能するのである。

このような構成によっても、上述した実施形態と同様の作用効果が得られるとともに、上述した実施形態に比して、より安定した AGC を実現できる。

(A 2) 第 2 変形例の説明

図 6 は上述した制御部 1 0（フィードバック制御部 1 1 及びフィードバック係数制御部 1 3) の第 2 変形例を示すブロック図で、この図 6 では、図 5 に示した構成に比して、フィードバック係数制御部 1 2 が、前記の関数 f_1 （関数演算器 1 2-1）に加えて関数 f_2 （関数演算器 1 2-2）をそなえるとともに、その関数 f_2 の出力がフィードバック制御部 1 1 の乗算器 1 1-5 にて積分器 1 1-4 の出力と乗算される構成になっている点が異なる。

ここで、上記の関数 f_2 は、上述した関数 f_1 における「c」の値が異なるだけの関数である（EDF 特性や利得、アンプ構成等によって異なる）。つまり、本例では、フィードバック制御部 1 1 において、減算器 1 1-2 により得られた差分のみならず、積分器 1 1-4 で得られたその差分の積分値についても乗じる係数

をも関数 f_2 により入力光パワー P_{in} に応じて可変するようになっているのである。

したがって、この場合も、上述した実施形態及び第1変形例と同様の作用効果が得られるとともに、図5に示すものに比して、より高速且つ安定したAGCを実現できる。
5

[B] 第2実施形態の説明

図7は本発明の第2実施形態に係る光増幅器の制御部の構成を示すブロック図で、この図7に示す制御部10は、図2に示すものに比して、フィードフォワード制御部13及び加算器14をさらにそなえている点が異なる。

10 ここで、フィードフォワード制御部（第2の制御手段）13は、光センサ7でモニタされた入力光パワー P_{in} に応じて励起光パワーをフィードフォワード制御する際の制御量（励起光制御値）を求めるものであり、加算器14は、各制御部11及び13で求められた励起光制御値を加算して励起光制御信号として励起光源8に供給するものである。

15 具体的に、この場合は、例えば図8に示すように、フィードバック制御部11が既述のものと同様の乗算器11-1, 11-3及び減算器11-2をそなえて構成され、フィードバック係数制御部12が既述のものと同様の関数 f_1 （関数演算器12-1）をそなえて構成され、さらに、フィードフォワード制御部13がフィードフォワード関数 f_3 （関数演算器13-1）をそなえて構成される。なお、
20 フィードフォワード関数 f_3 は公知のフィードフォワード制御に用いる関数でよい。

つまり、本実施形態の制御部10は、フィードバック制御部11とフィードフォワード制御部13との組み合わせで光増幅器1の利得を制御するように構成されているのである。これにより、第1実施形態に比して、さらに光増幅器1のAGCを、発振現象を生じさせることなく、高速化することが可能となる。
25

なお、このようにフィードフォワード制御部13を用いる場合も、図5、図6により前述した構成と同様に、例えば図9、図10にそれぞれ示すように、フィードバック制御部11を、減算器11-2により得られる差分の積分値をフィードバック制御に用いる構成としてもよいし、かかる構成において積分値に乘じる

係数をも関数 f_2 により可変にする構成としてもよい。いずれの場合も、光増幅器 1 の A G C をより安定して高速に実施することが可能になる。

[C] 第 3 実施形態の説明

図 1 1 は本発明の第 3 実施形態に係る光増幅器の要部の構成を示すブロック図で、この図 1 1 に示す光増幅器 1 は、図 1 に示すものに比して、複数（ここでは、2 つ）の励起光源 8-1, 8-2 が設けられるとともに、励起光源 8-2 で生成された励起光を E D F 4 の後方から E D F 4 に入力するための光合波器 3' が E D F 4 とゲインイコライザ 5 との間に設けられている点が異なる。

そして、この場合の制御部 10 も、図 2 に示すものと同様のフィードバック制御部 11 とフィードバック係数制御部 12 とをそなえているが、この場合は、フィードバック制御部 11 として、例えば図 1 2 に示すように、関数 f_4 （電流値演算器 11 A-7），関数 f_5 （電流値演算器 11 B-7），関数 f_c （変換演算器 11 B-8），リミッタ 11 A-8, 11 B-9 をそなえて構成されている。なお、乗算器 11-1, 減算器 11-2, 乗算器 11-3, 関数 f_1 はそれぞれ既述のものと同一もしくは同様のものである。

ここで、上記の関数 f_4 （電流値演算器 11 A-7）は、前述したように乗算器 11-3 により求められた励起光制御値から一方（第 1）の励起光源 8-1 を駆動するための電流値を求めるものであり、リミッタ 11 A-8 は、この関数 f_4 で求められた電流値が励起光源 8 の許容範囲を超えている場合に当該許容範囲内（最大値以下）に抑えるためのものである。

ただし、このリミッタ 11 A-8 は、本実施形態では、関数 f_4 で求められた電流値が許容範囲を超えている場合には、本来出力すべき電流値から上記最大値を差し引いた電流値が一方の励起光源 8-1 による励起光パワーの不足分に対応する電流値（以下、不足電流値という）として関数 f_c （変換演算器 11 B-8）25 に供給されるようになっている。つまり、このリミッタ 11 A-8 は、励起光源 8-1 に、期待する励起光パワーが得られないときに、他の励起光源 8-2 での不足分を補うための利得制御量を求める不足分決定部としての機能を果たすのである。

次に、上記の関数 f_5 （電流値演算器 11 B-7）は、関数 f_4 と同様に、上記

励起光制御値から他方の励起光源 8-2 を駆動するための電流値を求めるためのものであり、関数 f_c [変換演算器（変換部）11B-8] は、この関数 f_4 で得られた電流値とリミッタ 11-8 から供給される上記不足電流値とにより、一方の励起光源 8-1 による励起光パワーの不足分を他方の励起光源 8-2 の励起光パワーで補おうとする際に、上記不足電流値を両励起光源 8-1, 8-2 についてのフィードバック係数 a が変わらないような補正（変換）を施すためのものである。

具体的に、この関数 f_c （変換演算器 11B-8）の出力（電流値） I_3 は、関数 f_5 の出力を I_1 、不足分電流値を I_2 とすると、例えば以下の式（5）で表される。

$$f_c = I_3 = I_1 + d \times I_2 \quad \dots (5)$$

この式（5）は、不足電流値が無い場合は関数 f_5 で求められた電流値がそのまま励起光源 8-2 の駆動電流値となり、それ以外の場合は関数 f_5 で求められた電流値に、フィードバック係数 a が変わらないように補正した不足電流値を加算したものが励起光源 8-2 の駆動電流値となることを意味している。なお、この式（5）における「 d 」は図 14 及び図 15 中に示す「状態 1」と「状態 2」とでフィードバック係数 a が同じとなるように選定する（実測により簡単に求めることができる）。このようにすると、「状態 1」と「状態 2」とで、発振限界を同じにすることができる。

なお、図 14 は、励起光源 8-1 と励起光源 8-2 の最大出力が同じであり、且つ、励起光源 8-1 と励起光源 8-2 の出力パワー（励起光パワー）が 2 : 1 になるように制御する場合に、上記関数 f_c による補正を行なわないときの励起光制御値（駆動電流値）と励起光源 8-1, 8-2 の各励起光パワーとの関係を示しており、図 15 は、上記関数 f_c による補正を行なったときの励起光制御値（駆動電流値）と励起光源 8-1, 8-2 の各励起光パワーとの関係を示している。

即ち、上記関数 f_c による補正を行なわない場合は、図 14 に示すように、「状態 1」では実線 20, 21 で表す各励起光パワーとも励起光制御値の増大に伴って線形に増加してゆくが、「状態 2」では、実線 20 で示す一方の励起光源 8-1

の励起光パワー（駆動電流値）がリミッタ 11A-8 により最大値に維持され、実線 21 で示す他方の励起光源 8-2 の励起光パワーは最大値に達するまで「状態 1」と同じ傾きで線形に増加してゆくことがわかる。

これに対し、上記関数 f_c による補正を行なった場合は、図 15 中に実線 21 で示すように、「状態 2」において、「状態 1」での傾きよりも大きな傾きで励起光源 8-2 の励起光パワーが増加して、励起光源 8-1 の励起光パワーの不足分が励起光源 8-2 の励起光パワーで補われることがわかる。

なお、図 12 に示すリミッタ 11B-9 は、上記のリミッタ 11A-8 と同様に、この関数 f_c の出力（電流値）が励起光源 8-2 の許容範囲を超えている場合に当該許容範囲内（最大値以下）に抑えるためのものである。

以上のような構成により、本実施形態の制御部 10（フィードバック制御部 11）では、励起光源 8-1 の励起光パワーが最大値に達するまで（図 15 に示す「状態 1」の間）は、両励起光源 8-1, 8-2 の励起光パワーが、図 15 中に実線 20, 21 で示すように、それぞれ関数 f_1 により入力光パワーに応じて可変されたフィードバック係数 a を用いて求められた励起光制御値（乗算器 11-3 の出力）を基に制御される。

これに対し、励起光源 8-1 の励起光パワーが最大値に達した後（図 15 に示す「状態 2」の間）は、励起光源 8-1 の励起光パワーは最大値に維持され、これによる不足分（リミッタ 11A-8 で求められる不足電流値）が関数 f_c で補正されるとともに関数 f_5 で求められた電流値に加えられることにより、励起光源 8-2 の励起光パワーが、図 15 中の実線 21 で示すように、「状態 1」と「状態 2」とで同じフィードバック係数 a で、且つ、励起光源 8-1 による不足分を補うように増加する。

このように、本実施形態によれば、光増幅器 1 に複数の励起光源 8-1, 8-2 が用いられ、一方の励起光源 8-1 の励起光パワーが不足した場合に他の励起光源 8-2 の励起光パワーでその不足分を補う場合においても、発振限界の異なる状態を見かけ上なくして、発振現象を生じさせることなく、安定した AGC を実施することができる。

また、この場合は、各励起光源 8-1, 8-2 に共通の制御部 10（フィード

バック制御部11)によって、フィードバック係数aを入力光パワーに応じて可変にするので、励起光源8-1, 8-2毎に個別の制御部を設ける必要がなく、低コストで高速なAGCを実現することができる。

なお、上述した励起光パワー不足分の補正機能は、例えば図13に示すように、
5 フィードバック係数aが固定の（関数f₁をもたない）既存のフィードバック制御部11に適用してもよい。また、第2実施形態において前述したフィードフォワード制御部13をそなえた制御部10に適用することも可能である。

さらに、上述した例では、励起光源8-1の励起光パワーが不足する場合に励起光8-2の励起光パワーでその不足分を補う場合であるが、勿論、逆に励起光源8-2の励起光パワーが不足する場合に励起光源8-1の励起光パワーでその不足分を補う場合も同様である。
10

また、上述した例では、励起光源8-1, 8-2がEDF4を挟む形でEDF4の入出力側に配置されているが、入力側及び出力側のいずれか一方にのみ配置されていてもよい。さらに、励起光源の数も2つに限られず、3つ以上配置され
15 る場合もある。

[D] その他

なお、本発明は、上述した各実施形態及びその変形例に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

例えば、上述した例では、フィードバック制御部11において、差分又は差分
20 とその積分値を用いた制御を行なう場合について説明したが、これらと差分の微分値との組み合わせを用いた制御を実施するようにすることもできる。

また、上述した例では、フィードバック制御部11におけるフィードバック係数aを光増幅器1の入力光パワーに応じて可変にする構成について説明したが、
25 例えば、出力光パワー又は入力光パワーと出力光パワーの双方に応じて可変にするようにしてもよい。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明によれば、光増幅器の利得を制御する際に、光増幅器の入力光パワー及び出力光パワーの少なくとも一方に応じて、その利得制御量を可

変にするので、信号光の入力パワー変動に、発振現象、光増幅器の大型化、消費電力及び発熱の増大化を生じさせることなく、高速に追従することができ、安定した光通信を実現できる。したがって、光通信分野においてその有用性は極めて高いものと考えられる。

請求の範囲

1. 光増幅器(1)の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて該光増幅器(1)の利得を制御する第1の制御手段(11)と、

5 該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいづれか一方に応じて該第1の制御手段(11)による該光増幅器(1)の利得制御量を変化させる利得制御量可変手段(12)とをそなえたことを特徴とする、光増幅器の制御装置。

2. 該第1の制御手段(11)が、

10 該入力光パワーと該出力光パワーとに基づいて該光増幅器(1)の目標利得からの差分を求め、その差分に基づいて該利得制御量を求める利得制御量演算器をそなえるとともに、

該利得制御量可変手段(12)が、

15 該差分に対する係数を該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいづれか一方に応じて変化させる係数制御器をそなえて構成されたことを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光増幅器の制御装置。

3. 該第1の制御手段(11)が、

20 該入力光パワーと該出力光パワーとに基づいて該光増幅器(1)の目標利得からの差分を求め、その差分と当該差分の積分値に基づいて該利得制御量を求める利得制御量演算器をそなえるとともに、

該利得制御量可変手段(12)が、

25 該差分に対する係数を該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいづれか一方に応じて変化させる係数制御器をそなえて構成されたことを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光増幅器の制御装置。

4. 該第1の制御手段(11)が、

該入力光パワーと該出力光パワーとに基づいて該光増幅器(1)の目標利得からの差分を求め、その差分と当該差分の積分値に基づいて該利得制御量を求める

る利得制御量演算器をそなえるとともに、

該利得制御量可変手段（12）が、

該差分に対する係数と該積分値に対する係数とをそれぞれ該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいずれか一方に応じて変化させる係数制御器をそなえて構成されたことを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光増幅器の制御装置。

5. 該入力光パワーに基づいて該光増幅器（1）の利得をフィードフォワード制御する第2の制御手段（13）をさらにそなえ、

10 該第1の制御手段（11）と該第2の制御手段（13）との組み合わせで該光増幅器（1）の利得を制御するように構成されたことを特徴とする、請求の範囲第1～4項のいずれか1項に記載の光増幅器の制御装置。

6. 該光増幅器（1）が、第1の励起光源（8-1）と第2の励起光源（8-2）とを有する場合に、

該第1の制御手段（11）が、

該第1の励起光源（8-1）に期待する励起光パワーが得られないときに、該第2の励起光源（8-2）で不足分を補うための利得制御量を求める不足分決定部（11A-8）と、

20 該不足分決定部（11A-8）で求められた該利得制御量に対して、該第1の励起光源（8-1）に期待する励起光パワーが足りているときと足りていないときとで、該差分に対する係数が変わらないような変換を施す変換部（11B-8）とをそなえたことを特徴とする、請求の範囲第1～5項のいずれか1項に記載の光増幅器の制御装置。

25

7. 第1の励起光源（8-1）と第2の励起光源（8-2）とを有する光増幅器（1）の制御装置であって、

該光増幅器（1）の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて該光増幅器（1）の目標利得からの差分を求め、その差分に基づいて該光増幅器（1）の利得を制

御する制御手段（11）をそなえ、

該制御手段（11）が、

該第1の励起光源（8-1）に期待する励起光パワーが得られないときに、該第2の励起光源（8-2）で不足分を補うための利得制御量を求める不足分決定部（11A-8）と、

該不足分決定部（11A-8）で求められた該利得制御量に対して、該第1の励起光源（8-1）に期待する励起光パワーが足りているときと足りていないときとで、該差分に対する係数が変わらないような変換を施す変換部（11B-9）とをそなえたことを特徴とする、光増幅器の制御装置。

10

8. 光増幅器（1）の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて該光増幅器（1）の利得を制御する際の利得制御量を求め、

求めた該利得制御量を該入力光パワー及び該出力光パワーの少なくともいずれか一方に応じて変化させることを特徴とする、光増幅器の制御方法。

15

9. 第1の励起光源（8-1）と第2の励起光源（8-2）とを有する光増幅器（1）の制御方法であって、

該光増幅器（1）の入力光パワーと出力光パワーとに基づいて該光増幅器（1）の目標利得からの差分を求め、その差分に基づいて該光増幅器（1）の利得を制御するにあたって、

該第1の励起光源（8-1）に期待する励起光パワーが得られないときに、該第2の励起光源（8-2）で不足分を補うための利得制御量を求め、

当該利得制御量に対して、該第1の励起光源（8-1）に期待する励起光パワーが足りているときと足りていないときとで、該差分に対する係数が変わらないような変換を施すことを特徴とする、光増幅器の制御方法。

図1

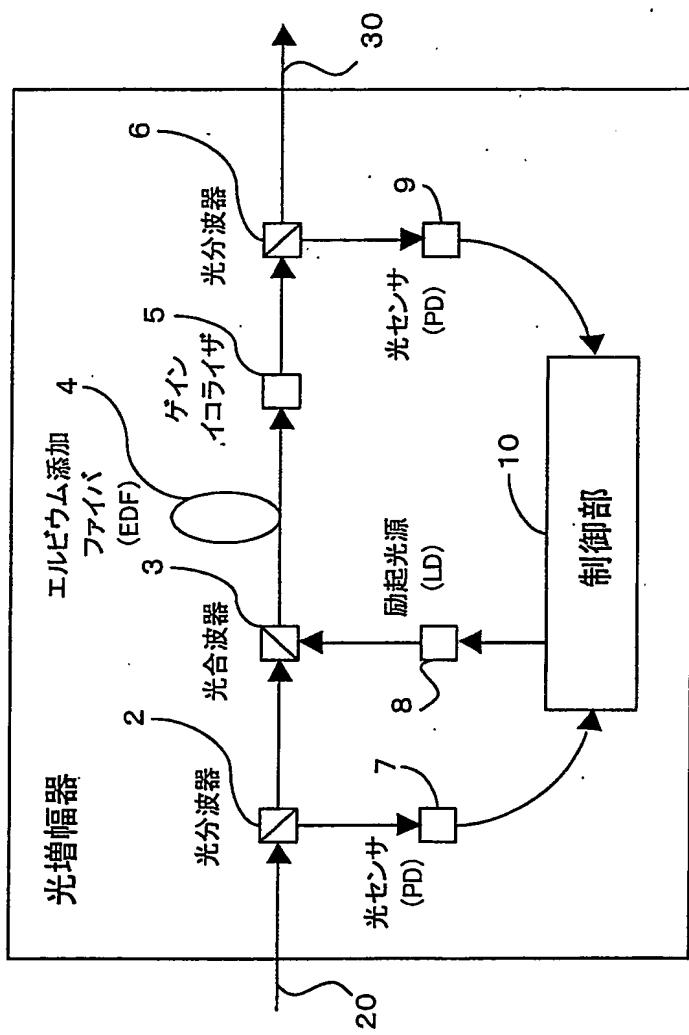


図2

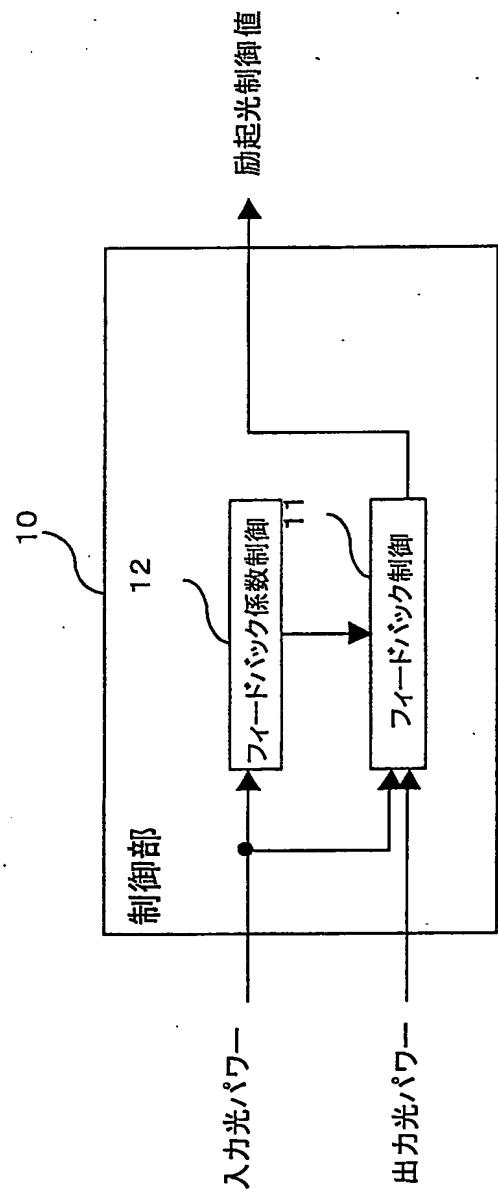


図3

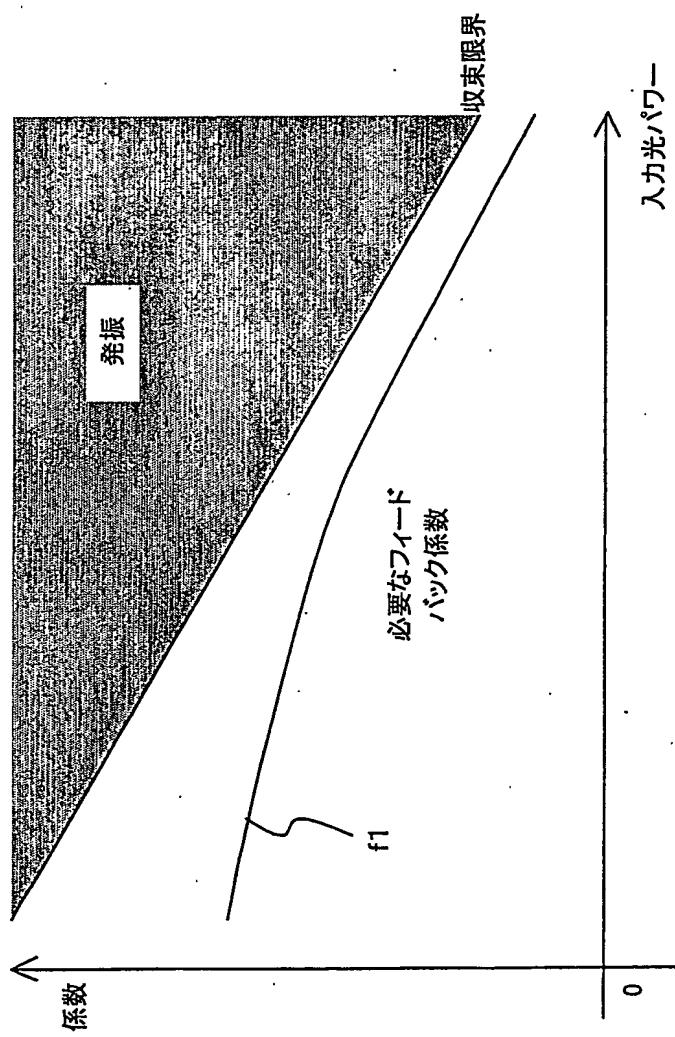


図4

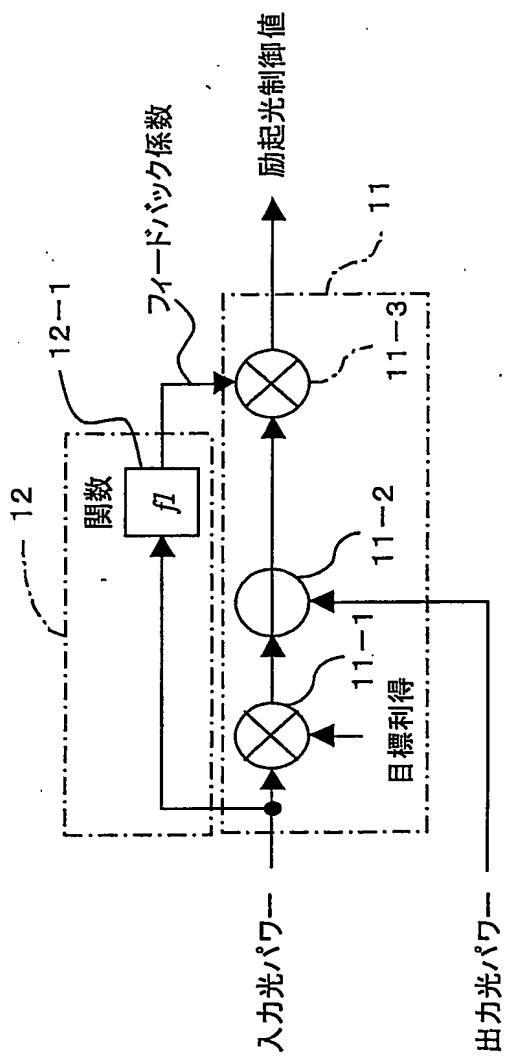


図5

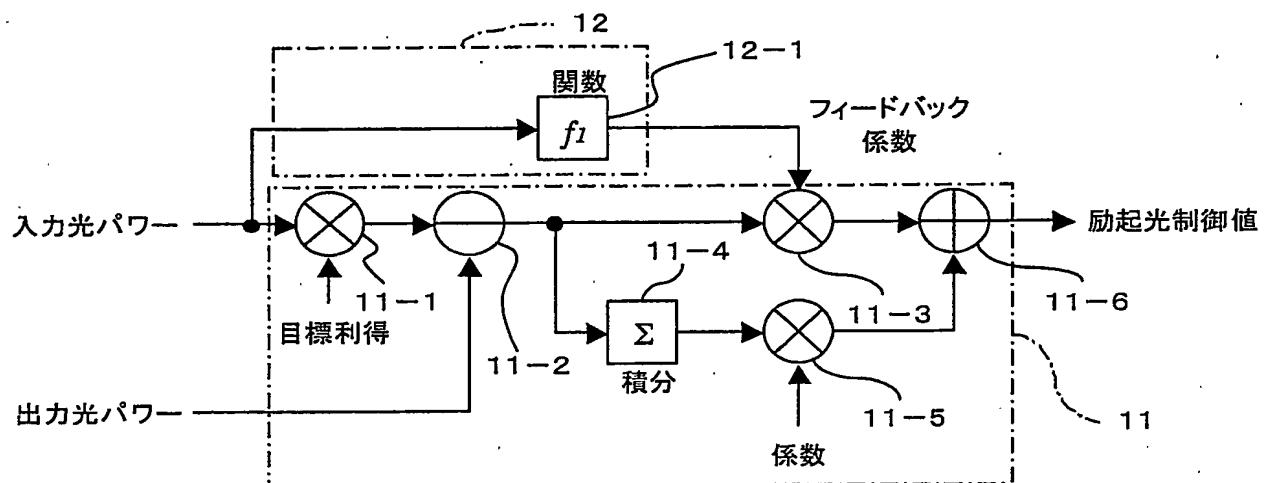


図6

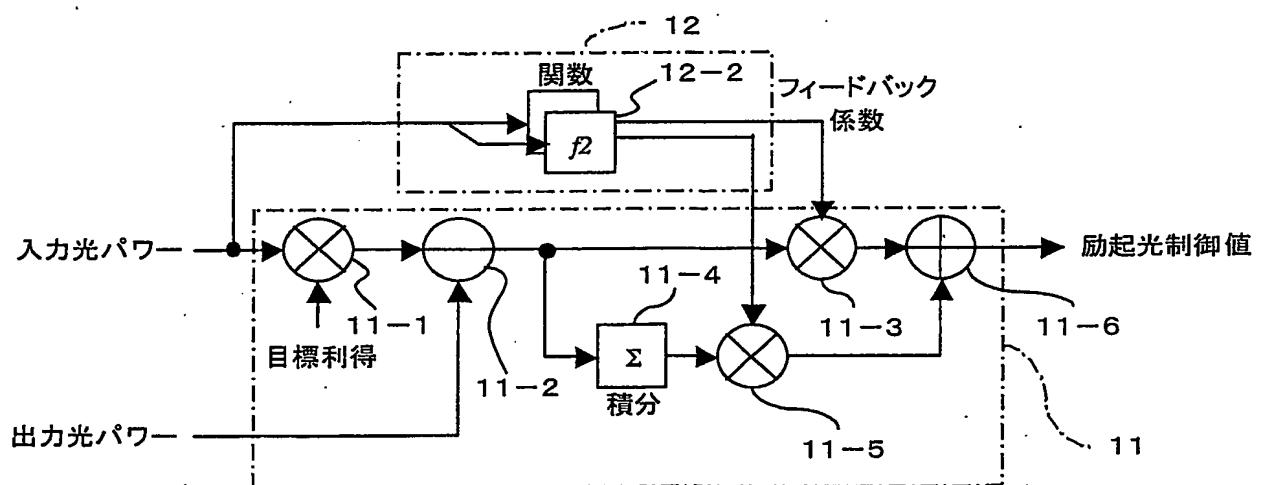


図7

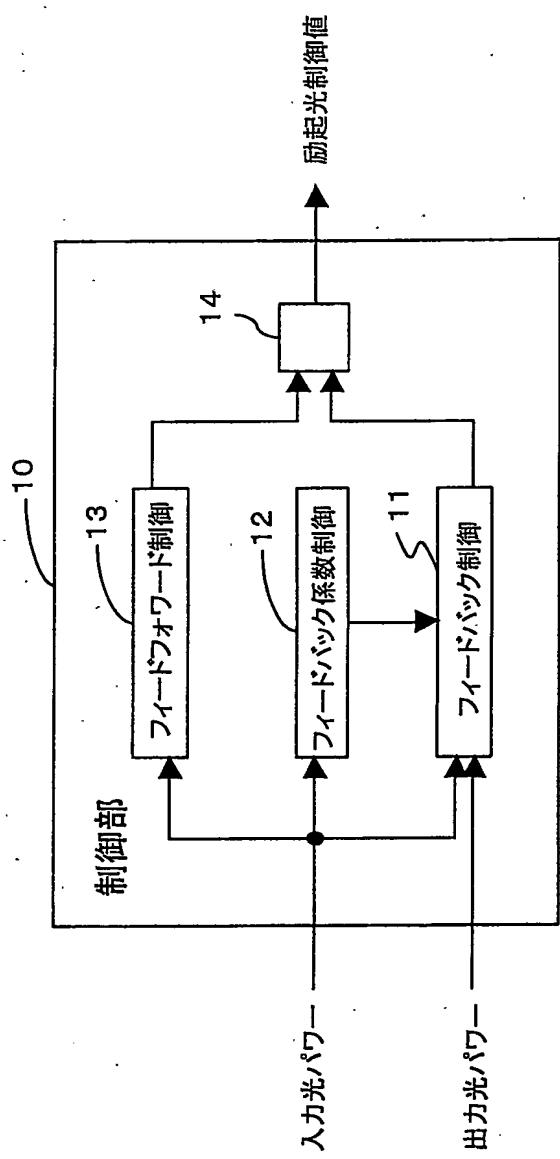


図8

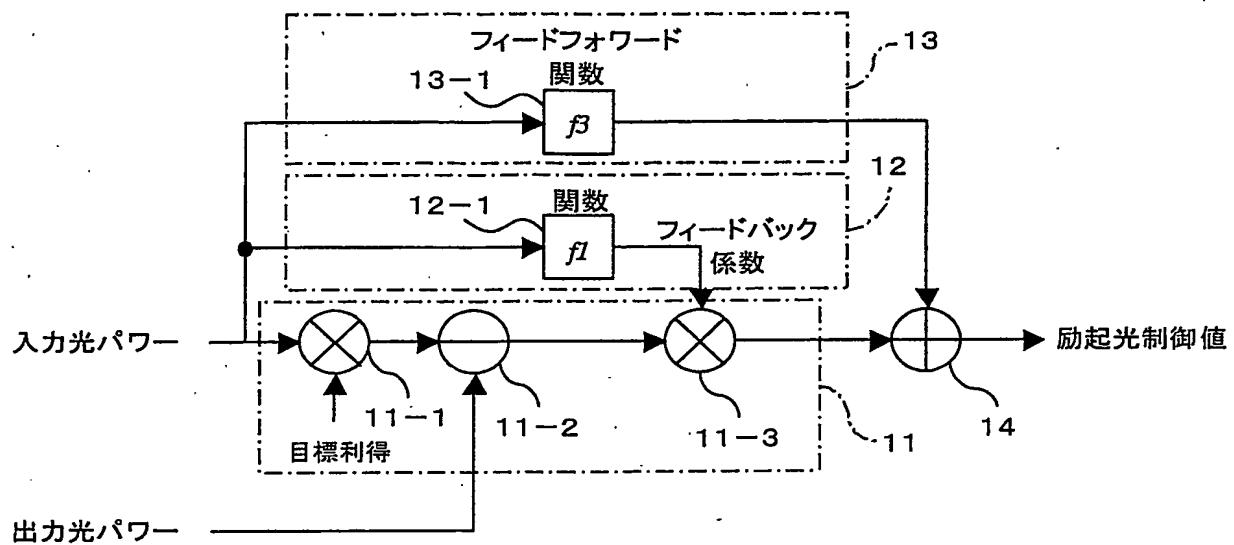


図9

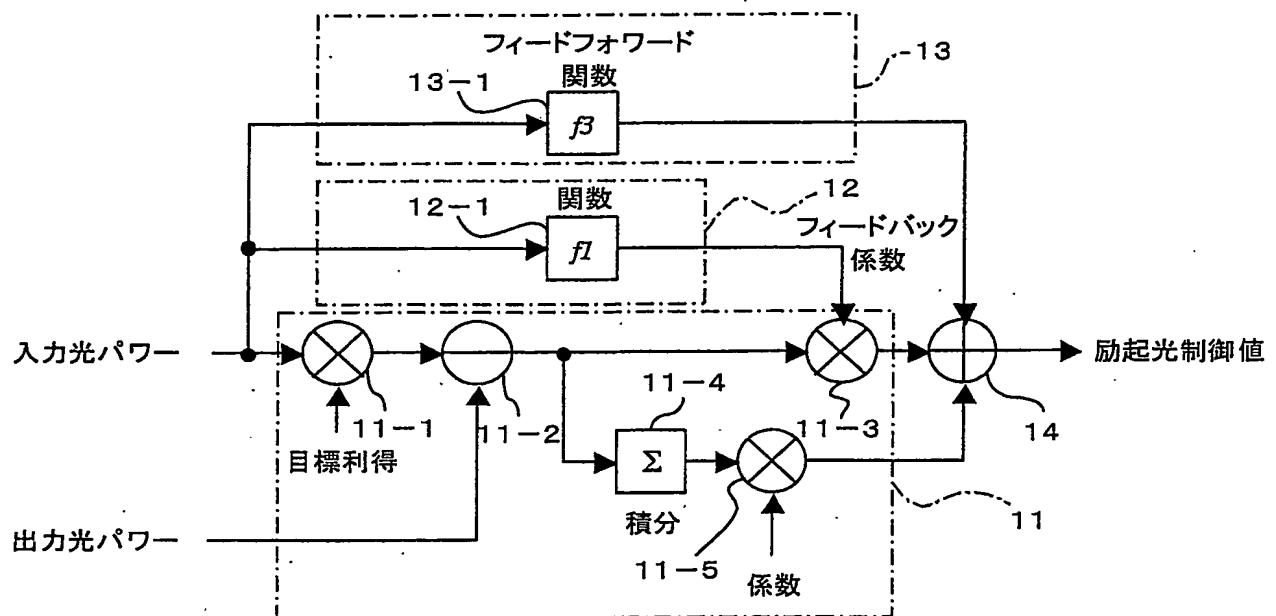


図10

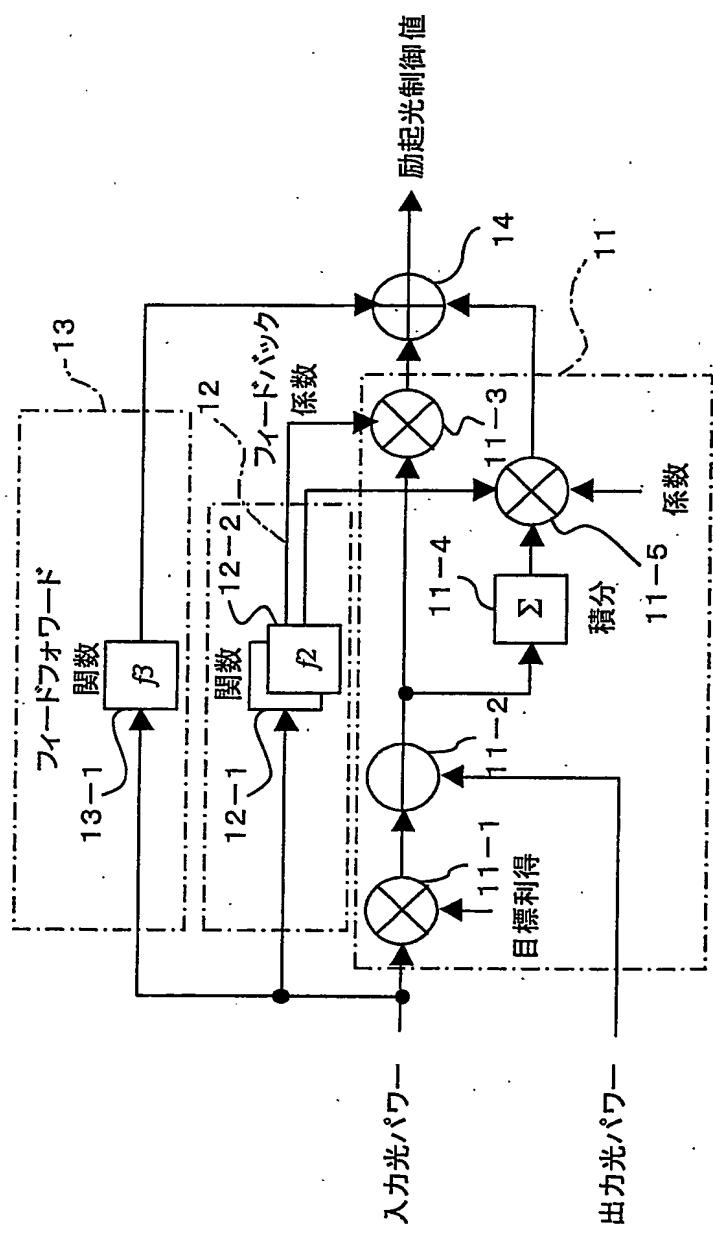


図11

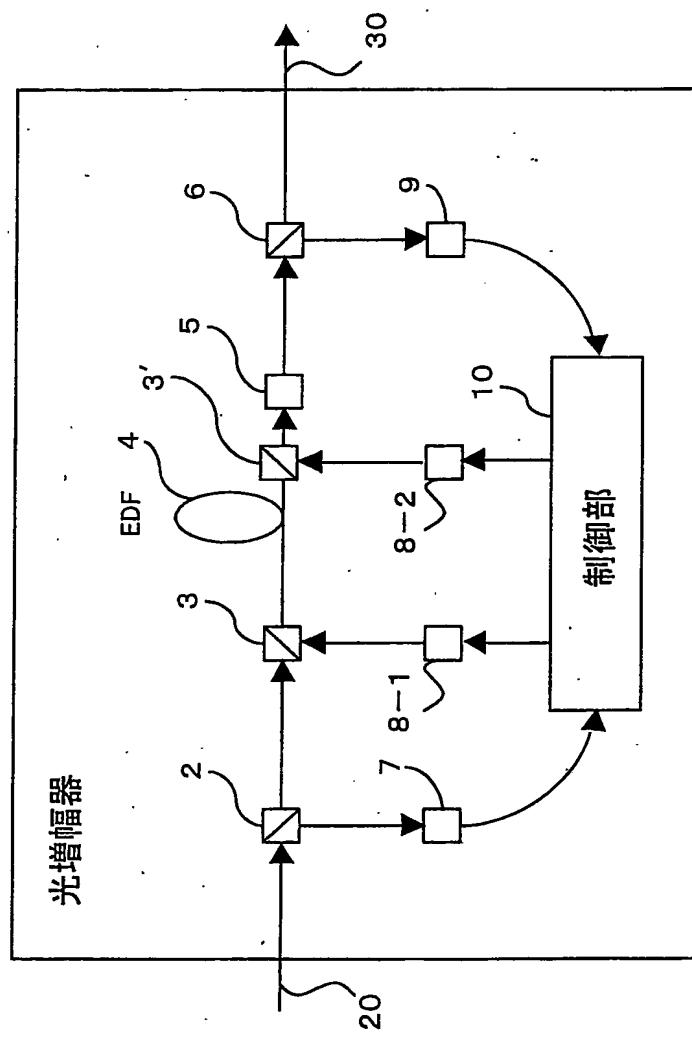


図12

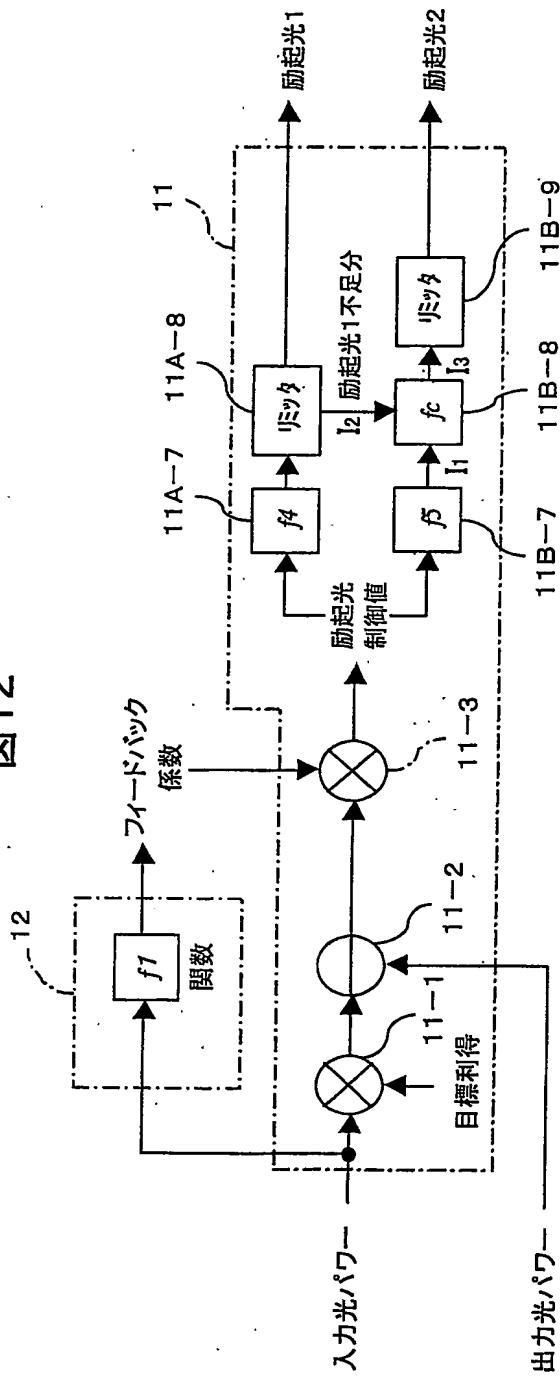


図13

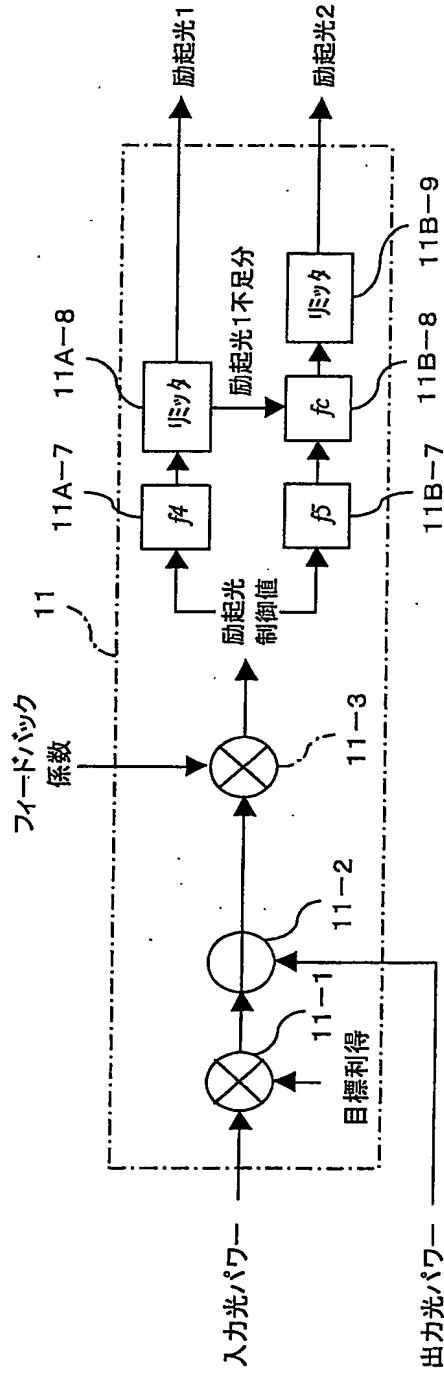


図14

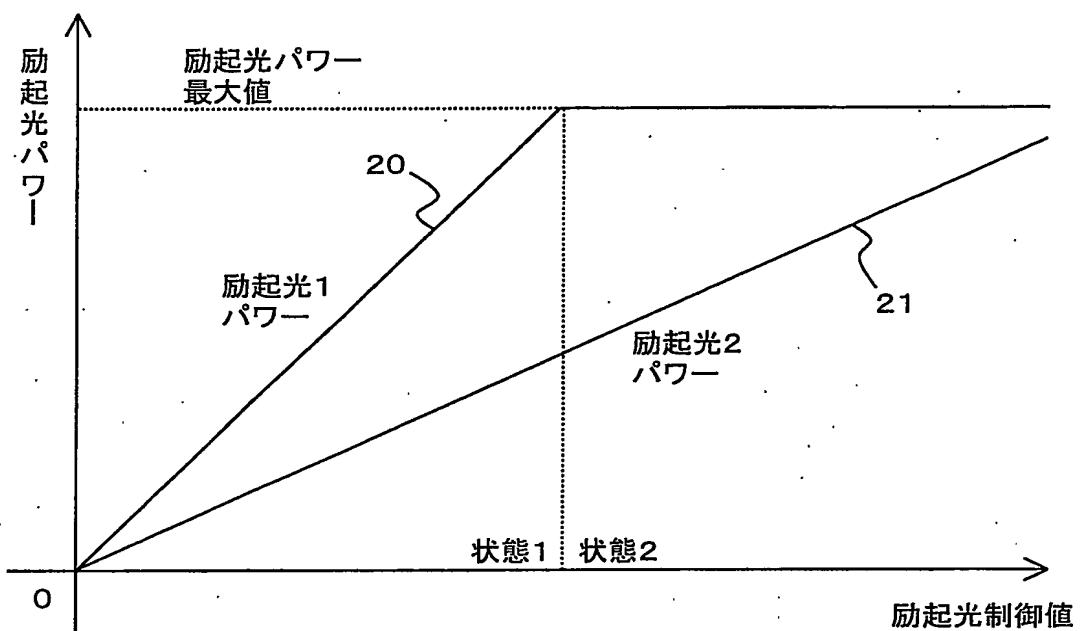
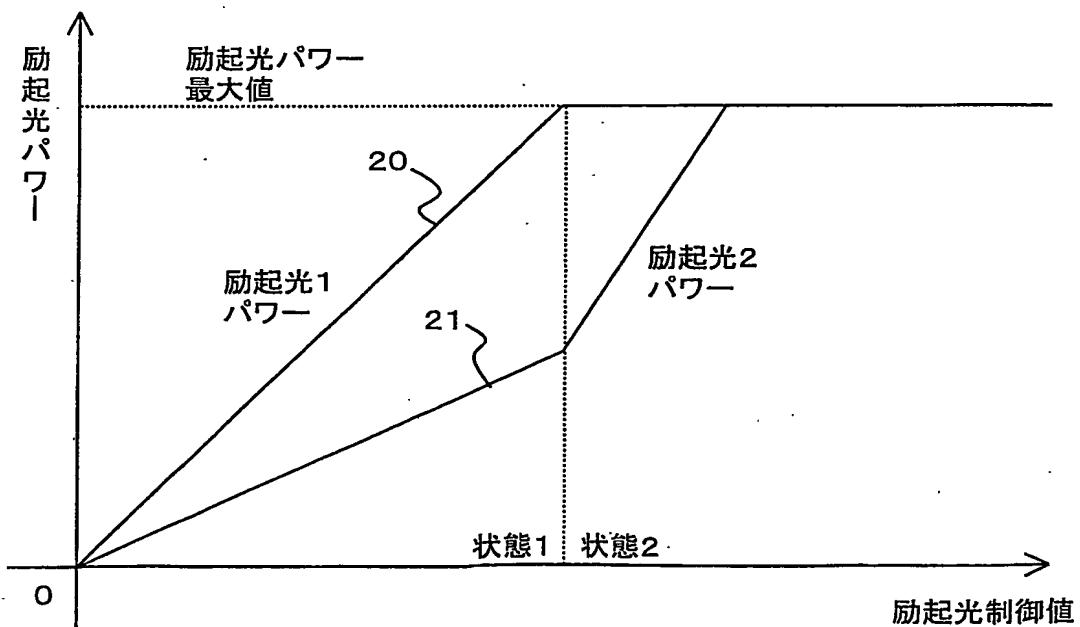


図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11447

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01S3/10, H01S3/131, H04B10/16, H04B10/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01S3/00-3/30, H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICST FILE)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2000-286491 A (Kyocera Corp.), 13 October, 2000 (13.10.00), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1, 8 2-7, 9
X A	JP 2000-223764 A (Kyocera Corp.), 11 August, 2000 (11.08.00), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1, 8 2-7, 9
X A	JP 2002-76486 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 15 March, 2002 (15.03.02), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1, 8 2-7, 9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search
29 November, 2002 (29.11.02)

Date of mailing of the international search report
17 December, 2002 (17.12.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11447

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 1079481 A2 (Lucent Technologies Inc.), 28 February, 2001 (28.02.01), Par. Nos. [0030] to [0032]; Fig. 6 & JP 2001-111151 A & CN 1286413 A	8 1-7, 9
X A	WO 00/38318 A1 (Corning Inc.), 29 June, 2000 (29.06.00), Full text; Figs. 3 to 6 & JP 2002-533969 A & EP 1142108 A1 & AU 2053300 A & BR 9916386 A & TW 461974 A	8 1-7, 9
X A	EP 805571 A2 (Fujitsu Ltd.), 05 November, 1997 (05.11.97), Full text; Figs. 2, 3, 10 to 23, 26 & JP 10-51057 A & JP 2000-196169 A & JP 2000-196534 A & JP 2000-201111 A & EP 902567 A3 & EP 902566 A3 & EP 902565 A3 & US 5966237 A & US 5995274 A & US 6025947 A & US 6144485 A & US 6157481 A & US 6198572 B1 & US 2001/17729 A1 & CN 1167269 A	8 1-7, 9
X A	MOTOSHIMA, K. et al., A Channel-Number Insensitive Erbium-Doped Fiber Amplifier With Automatic Gain and Power Regulation Function. Journal of Lightwave Technology, 2001, Vo.19, No.11, pages 1759 to 1767	8 1-7, 9
X A	LELIC, M. et al., Smart EDFA with Embedded Control. The 14th Annual Meeting of the IEEE Lasers & Electro-Optics Society (LEOS 2001), Conference Proceedings, 2001, Vol.2, pages 419 to 420	8 1-7, 9
X A	JP 2002-261364 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 13 September, 2002 (13.09.02), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	8 1-7, 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11447

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-8 relate to an optical amplifier having gain controlled quantity varying means for varying the gain controlled quantity of the optical amplifier controlled by first control means according to at least one of the input and output optical powers.

The invention of claim 9 relates to a control method for determining a gain controlled quantity for compensating lack of the pumping light power of an optical amplifier having a first pumping light and a second pumping light source with the optical power of the second pumping light source of the optical amplifier if the pumping light power that the first pumping light source is expected to produce is insufficient.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. Cl' H01S 3/10, H01S 3/131,
H04B 10/16, H04B 10/17

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. Cl' H01S 3/00-3/30,
H04B 10/00-10/28, H04J 14/00-14/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICSTファイル)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 2000-286491 A (京セラ株式会社) 2000.10.13 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1, 8 2-7, 9
X A	JP 2000-223764 A (京セラ株式会社) 2000.08.11 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1, 8 2-7, 9
X A	JP 2002-76486 A (住友電気工業株式会社) 2002.03.15 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1, 8 2-7, 9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

- * 引用文献のカテゴリー
 - 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 - 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 - 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 - 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 - 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29. 11. 02

国際調査報告の発送日

17.12.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

高 芳徳

2K 9813



電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号 関連する
引用文献の カテゴリー*		
X A	EP 1079481 A2 (LUCENT TECHNOLOGIES INC.) 2001. 02. 28 段落番号[0030]-[0032], 第6図 & JP 2001-111151 A & CN 1286413 A	8 1-7, 9
X A	WO 00/38318 A1 (CORNING INC.) 2000. 06. 29 全文, 第3-6図 & JP 2002-533969 A & EP 1142108 A1 & AU 2053300 A & BR 9916386 A & TW 461974 A	8 1-7, 9
X A	EP 805571 A2 (FUJITSU LIMITED) 1997. 11. 05 全文, 第2, 3, 10-23, 26図 & JP 10-51057 A & JP 2000-196169 A & JP 2000-196534 A & JP 2000-201111 A & EP 902567 A3 & EP 902566 A3 & EP 902565 A3 & US 5966237 A & US 5995274 A & US 6025947 A & US 6144485 A & US 6157481 A & US 6198572 B1 & US 2001/17729 A1 & CN 1167269 A	8 1-7, 9
X A	MOTOSHIMA, K. et al. A Channel-Number Insensitive Erbium-Doped Fiber Amplifier With Automatic Gain and Power Regulation Function. Journal of Lightwave Technology, 2001, Vol. 19, No. 11, p. 1759-1767	8 1-7, 9
X A	LELIC, M. et al. Smart EDFA with Embedded Control. The 14th Annual Meeting of the IEEE Lasers & Electro-Optics Society (LEOS 2001), Conference Proceedings, 2001, Vol. 2, p. 419-420	8 1-7, 9
X A	JP 2002-261364 A (住友電気工業株式会社) 2002. 09. 13 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	8 1-7, 9

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-8は、入力光パワー及び出力光パワーの少なくともいずれか一方に応じて、第1の制御手段による光増幅器の利得制御量を変化させる、利得制御量可変手段を有する光増幅器に関するものである。
請求項9は、第1及び第2の励起光源を有する光増幅器において、第1の励起光源に期待する励起光パワーが得られないときに、第2の励起光源で不足分を補うための利得制御量を求める制御方法に関するものである。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。